蒸氣消毒及溫水處理在作物病害上之應用

鄭安秀[1,4] 楊宏仁[2] 李敏郎[3]

1. 台南縣新化鎮 行政院農業委員會台南區農業改良場
2. 嘉義市 行政院農業委員會農業試驗所嘉義分所
3. 台中縣霧峰鄉 行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所
4. 聯絡作者，E-mail: ascheng@mail.tndais.gov.tw

摘　要

蒸氣消毒及溫水處理乃利用高溫使生物細胞內的蛋白質凝固及酵素不活化，達到殺死生物之目的，可同時控制病害、地下害蟲、雜草問題，進而減少化學藥劑施用。蒸氣消毒應用時，必須考慮蒸氣溫度、處理時間、土壤水份含量、通氣性和其對土壤微生物相及土壤化學成份變化情形等因素。台灣示範推廣之蒸氣消毒處理方式可分為插入式、覆蓋式及耕耘式，應用於土壤及介質。蒸汽消毒的最佳條件為60-80℃處理30分鐘，以葵百合黃化病為例，連作田的葵百合發病率高達65.2%，在同一塊田分成土壤蒸氣處理(80℃、20分鐘及60℃、30分鐘)和對照組，結果蒸氣消毒處理均有利葵百合生育及病害防治，並提高切花品質及產量。利用蒸氣消毒回收再利用了罹白絹病及疫病的廢棄介質，椒草扦插後30天，蒸氣消毒處理使白絹病的罹病盆率由對照無處理的90%下降到0%，而疫病罹病盆率自67%下降到8%。此外，經土壤蒸氣消毒處理後，亦可達到防除雜草之目的。而溫水處理所以能有效抑制蔬果採收後病害發生的原因，乃是蔬果採收時田間已感染但潛伏或者是採收及處理過程新發生尚未外顯的病原菌通常僅位於採收後蔬果組織表面或者最外面數層細胞之間，較易受到熱能之影響，因此溫水處理對於採收後病害抑制的效果較能顯現。利用高溫水但短時間60℃/20 秒之溫水處理可以有效抑制或延緩檬果炭疽病及蒂腐病之發生，然而不同的芒果品種對高溫忍受性都有些許不同，不能冀望所有果實都能適應同一處理條件，必須在大量處理前以少量果實進行測試後方能進行後續處理動作。

關鍵詞：蒸氣消毒、溫水處理、土壤傳播性病害防治

土壤傳播性病害的防治策略

土壤傳播性病害是作物連作障礙的主因之一，其病原菌包括有立枯絲核菌(*Rhizoctonia solani*)、白絹病菌(*Sclerotium rolfsii*)、菌核病菌 (*Sclerotinia sclerotiorum*)、腐霉病菌 (*Pythium* spp.)、疫病菌(*Phytophthora* spp.)、根瘤病菌(*Plasmodiophora brassicae*)、鐮胞病菌(*Fusarium* spp.)、黑點根腐病菌(*Monosporascus cannonballus*)，青枯病菌(*Ralstonia solanaceraum*)、軟腐病菌(*Erwinia* spp.)及寄生性線蟲等，它們在土壤中存在的族群密度，常因土壤的連續利用而高居不下，導致作物病害大量的發生。

土壤傳播性病害的防治方法有淹水(1,36,43,48,52,64,65)、輪作(1,32)、土壤燻蒸(1,9,18,25,49,52)、土壤添加處理(8,12)、抗病育種(1)、太陽能消毒(5,7)、蒸氣消毒(1,17,18,19,25,26,41,42,50-53,56,59,61)、化學藥劑處理(1,9,33,59)及綜合防治(1)等。土壤燻蒸最常用的是溴化甲烷，此一化學物質除破壞臭氧層造成環保問題外（66），同時尚會將土壤中原有之有益及有害微生物消滅殆盡(1,9,17,18,33,34)，並破壞土壤物理及化學結構；若施用不當時則會直接毒害人體。淹水、輪作及土壤添加處理等耕作防治法需因地制宜，並非適合每位栽培者。太陽能與蒸氣消毒則有異曲同工之效，兩者可利用高溫使生物細胞內的蛋白質凝固及酵素不活化（2），達到殺死生物之目的，並可同時控制病害、地下害蟲、雜草問題(19)。太陽能消毒受制於天候的變化，且需要較長的處理時間，然而蒸氣消毒較不受環境影響，且處理時間也較短。在今日注重環保意識的情形下，對高經濟作物之固定設施栽培的土壤與介質的回收再利用而言，蒸氣消毒是一項不可或缺的防治手段。

蒸氣消毒對土壤生物性之影響

土壤蒸氣消毒優點在於不會有農藥殘留及環境污染的問題，待土壤溫度降低後就可以進行種植，可爭取時效。土壤經60-80℃蒸氣消毒處理30分鐘後，不會造成生物相真空，將有害的植物病原族群降到最低，留下耐熱性的微生物，這些耐熱性微生物大都具有拮抗病原菌的作用（1,19,26,31,42,52,53,56）。除植物病原菌外，蒸氣消毒同時可殺死地下害蟲、小動物及雜草種子(19)，因而減少或甚至不用殺蟲劑及殺草劑，降低農藥對環境生態的影響，各種生物對溫度的忍受性詳見表一。土壤以蒸氣消毒處理時，在蒸氣釋出20分鐘後，可水平及垂直地滲透到20.3公分處(19)，溫度在土壤中的分布非常均勻。蒸氣消毒後植物病原真菌、細菌及線蟲均被消滅，絕大部分的病毒不活化，殘存的微生

物多為具產生抗生素潛力的細菌及放線菌(53)，而靜菌作用打破後需三天來恢復，若要恢復到先前未處理的狀況，約需八天(28)。

蒸氣處理溫度過高，容易引起土壤生物相真空，若有病原污染或種苗帶菌，可能引起更嚴重的病害。另一方面導致土壤大量地產生weed molds，如*Peziza ostrachoderma*, *Trichoderma viride*, *Pyronema confluens*等。但60℃處理30分鐘者，則發生的情形少。進行蒸氣處理前三天若能保持土壤溼度，則大部分雜草會被殺死(19)。

土傳性病原菌如菌核病菌(*S. sclerotiorum*) 經50℃ 5分鐘即可被殺滅(20)，疫病菌(*P. crytogea*)、白絹病菌(*S. rolfsii*)及腐霉病菌(*P. ultimum*)等則需50℃ 30分鐘(22)，立枯絲核菌(*R. solani*)及腐霉病菌(*P. irregulare*)等則需53℃ 30分鐘(22)，鐮胞菌不同菌種之致死溫度亦有差異*F. oxysporum* f.sp. *gladioli* 為57℃ 30分鐘(20)，*F. oxysporum* f.sp. *dianithi* 為60℃ 30分鐘(22)，椒草白絹病菌菌核經52℃ 15分鐘處理後即不發芽(未發表資料)，而48℃ 10分鐘即可殺死根瘤線蟲(20)。故依文獻資料得知，60-80℃ 30分鐘即可達到殺滅土傳病原微生物的目的(1,2,6,8,42,45,52,56,61,62,69）。

蒸氣消毒對土壤化學性之影響

蒸氣消毒溫度及時間以60-80℃ 30分鐘最適宜，溫度太高反而對土壤環境造成不良的結果，因蒸氣高溫(100℃)造成土壤產生化學反應，導致土壤養分移動及有機質分解(45,62)，尤其是錳及氮所受的影響最大(1,26,27,37,41,45,46,47,56,61,62,69)。交換性錳(exchangeable manganese)含量會因高溫而大量增加，容易造成萵苣(47,62)、玫瑰(62)、康乃馨(37,64)、胡瓜(47)、香瓜(46)、及番茄(27)等之毒害作用。錳元素在土壤蒸氣消毒後，維持高含量狀態的時間非常久，此因能氧化錳的細菌被高溫殺死，無法在短期內使錳被分解而下降到原先的含量(56,62)。土壤中的硝酸態氮及氨態氮可被植物吸收利用，但100℃高溫下，會殺死可進行硝化作用之細菌族群，造成土壤硝酸態氮(nitrate)含量降低，亞硝酸態氮(nitrite)及氨(ammonium)的含量增加(56,62)，使作物無法獲得足夠的氮素源，由於土壤中氨的累積，使番茄、芹菜及萬壽菊(1,69)等敏感作物受害。為避免這類問題的發生，蒸氣消毒的溫度最好維持在60-80℃之間。

蒸氣消毒過程中，蒸氣會凝結成水，增加土壤含水量，故土壤越乾燥，越能吸附凝結水，消毒的效果越好(51)。

蒸氣消毒適用對象

1.栽植高經濟價值之作物的農田土或介質之消毒處理

2.栽培介質的回收再利用

蒸氣消毒方式

蒸氣消毒系統主要分兩部份，一為供應蒸氣的蒸氣機主體，另一為蒸氣管路之設計，也就是蒸氣處理的方式。荷蘭溫室設施栽培的歷史很久，蒸氣處理的發展過程中，不斷地改良消毒之效率與方法，目前最廣泛使用的方式為覆蓋式蒸氣消毒法(51)。台灣示範推廣之土壤蒸氣消毒處理方式則分為下列方式：

1.插入式蒸氣消毒法：

蒸氣管路以4-6m長之6分鋼管配合快速接頭連成一ㄇ形管路，鋼管每隔30-40cm連接一根20cm長之中空銅管，銅管末端封閉，銅管上打6-8個1毫米的小洞做為蒸氣出口。將銅管插入欲消毒之土壤，以耐熱橡膠皮布覆蓋蒸氣管路與土表，橡膠布邊緣以重物固定，然後送入蒸氣，使蒸氣直接滲到20cm深之土層中進行消毒，當土壤溫度到達60-80℃保溫30分鐘後，即可進行下一區之消毒工作。由於蒸氣管路與耐熱橡皮布重量及蒸氣消毒後之管路熱度問題，在田間實際應用時非常耗時與人力，為克服蒸氣管路在田間之移動性與方便性問題，於1997年至1999年藥試所在霧峰洋桔梗田實地輔導測試改良後之蒸氣管路，利用一台空壓機配合兩組具有輪胎之簡易蒸氣管路台架，整組管路及台架覆蓋耐熱橡膠皮布，蒸氣消毒後在移動蒸氣管路時，利用空壓機將整組蒸氣管路與橡皮布抬高，這時只要兩個人一前一後推拉至定點，關閉空壓機放掉空氣，使蒸氣管路及橡皮布靠本身重量將蒸氣銅管壓入土層中，只要五分鐘就可進行下次消毒工作，工作效率比以往全靠人工移動蒸氣管路所耗費的時間與人力可說提高十倍以上，六分地只要十四至十八個工作天即可完成，在切花時調查病蟲害及雜草防治情形，無論在土傳性植物病蟲害防治及雜草防除上均獲得良好成效(4,15)。

2.覆蓋式蒸氣消毒法：

改良自插入式蒸氣消毒法，蒸氣管路每隔30-40cm開一蒸氣孔，將蒸氣管路平鋪於土表，以耐熱橡膠皮布覆蓋蒸氣管路與土表，橡膠布邊緣以重物固定，然後送入蒸氣，當土壤溫度到達60-80℃保溫30分鐘後，即可進行下一區之消毒工作。此種消毒方式較適

合於砂質或質地孔隙較大的土壤。

3.耕耘式蒸氣消毒法：

以15-18公分中空鋼管排列成扒犛狀，固定在鋼板上，管間距離12-15公分，以鋼板或放置重物於鋼板上使蒸氣管路插入土中，配合調整速度之自動捲線器，將蒸氣機啟動後，設定蒸氣管移動速率(10公分/分鐘)，一邊拖動蒸氣管路，一邊釋出蒸氣，達到消毒土壤的目的。應用前必須將土壤打鬆，清除土中之石塊及植體殘體(包括雜草)，避免拖拉過程中蒸氣管受害(3,15)。

土壤蒸氣消毒注意事項

土壤進行蒸氣消毒前，必須考慮幾個條件：土壤濕度、土壤質地與土壤溫度，原則上以通氣性良好之土壤所消毒的效果最好，而土壤水分含量則維持在30-40%時消毒的效果較持久，並非土壤越乾燥越好。蒸氣消毒時機為作物採收後，先鬆土清除植體殘株後進行，對病蟲害防治的效果較好(15)。

無論插入式、覆蓋式或耕耘式，蒸氣消毒有效的消毒深度約土表25-30cm以內，故作畦後進行消毒工作，消毒後勿再翻犁整地。

土壤蒸氣消毒防治百合黃化型病害

藥試所於以種球消毒過(25%撲克拉乳劑2000倍浸漬)之葵百合(*Lilium oriental* hybrid cv. Stargazer)為試驗作物，連續兩年在后里同一塊百合連作田進行三次60℃維持30分鐘及80℃維持20分鐘之土壤蒸氣消毒試驗，並分別以溴化甲烷燻蒸(28.3g/m2)及完全不做處理為對照，防治由*Fusarium oxysporum* f. sp. *lilii*、*Rhizoctonia solani*、*Pythium* spp.單獨或複合感染引起之百合黃化型病害，連作田的葵百合發病率高達65.2%，在同一塊田分成土壤蒸氣處理(80℃、20分鐘及60℃、30分鐘)和對照組，結果蒸氣消毒處理均有利葵百合生育及病害防治，並提高切花品質及產量。採收切花時，80℃處理者黃化情形最少，只有2.5%，60℃處理者次之，為20.7%，對照組則高達53.7%；以產量而言，80℃、60℃處理者及對照組分別生產24.8、23.1及14.8 cut flower/m2。連作田土壤經蒸氣消毒處理一次後，對百合連續栽培之病害防治持續效果，分成僅在第一期百合種植前，進行土壤蒸氣消毒處理，然後連續種植兩期百合；及第一期不做處理，於第二期百合種植前，才進行土壤蒸氣消毒處理等方式，防治效果無顯著差異，且與對照組均達顯著差異。研究顯示土壤蒸氣消毒可防治百合黃化型病害，兩種溫度中，又以80℃較為理想，可持續每年

連續兩次百合之生產，解決百合無法連作之問題(3,4)。

蒸氣消毒過之栽培介質的再利用

栽培介質如果能回收再利用有多好？這是栽培業者共同的心聲，雖有些業者將廢棄介質(栽培植株發生病蟲害或無法銷售)堆積數日或以太陽能做短時日的曝晒後，混合新介質再使用，因堆積或曝晒的時間太短，廢棄介質中的病原微生物尚殘存於介質中，將再危害新植入之植株，病原微生物得以在栽培場內大量滋生，源源不息。台南場利用蒸氣消毒回收再利用了廢棄的栽培介質，首先以空心磚築一長槽，槽內壁鋪上耐熱塑膠布防止蒸氣外洩，將廢棄介質堆放槽中，埋入蒸氣管，以耐熱橡皮布覆蓋，即可進行蒸氣消毒，60℃30分鐘，消毒後放置七天以利靜菌作用的恢復即可使用。試驗中以罹白絹病及疫病的廢棄介質為材料，椒草扦插後15天，蒸氣消毒處理使白絹病的罹病盆率由對照無處理的50%下降到0%，而疫病罹病盆率自60%下降到0%；椒草扦插後30天，蒸氣消毒處理使白絹病的罹病盆率由對照無處理的90%下降到0%，而疫病罹病盆率自67%下降到8%。在疫病的試驗中另加入藥劑處理為對照，椒草扦插於未經蒸氣消毒的廢棄介質，雖扦插後立即施藥，但罹病盆率亦達38%(13,15)。

但固定消毒槽移動不易，而將廢棄介質再填裝入介質袋中費時又費工。配合栽培場介質的調製，設計可移動式的消毒車(180 x 90 x 50公分)，以不銹鋼為材質，將蒸氣管固定於消毒車內。消毒時以塑膠布覆蓋，待車內完全充滿蒸氣後，即完成消毒處理。測定消毒車內介質溫度變化，結果顯示60℃以上可維持4小時，消毒處理後七天裝盆，扦插供試植物。扦插30天後調查結果顯示，蒸氣消毒及對照處理之椒草白絹病罹病盆率分別為0及55％，皺葉椒草疫病罹病株率分別為0及42％，翡翠木疫病罹病株率分別為2及20％。可將介質裝袋，直接插入蒸氣管消毒，方便且處理時間很短。不止是廢棄介質的回收再利用，新介質亦可處理以防介質帶菌的污染問題(13,14,15)。

介質中微生物之消長經初步分離，蒸氣消毒處理後六天，真菌及細菌總體密度稍下降而放射菌明顯上升，pH值及EC值則無明顯變化(13)。

溫水處理技術之發展

溫水處理技術雖然早在20世紀初葉便已應用於採收後作物病害抑制之處理上，但是因為速效經濟的化學藥劑防治病害技術發展快速，使得溫水處理技術之發展受到影響而停頓，但是隨著消費大眾對化學藥劑殘留對人體健康影響之疑慮及恐慌，加上電腦控制

技術應用於溫水處理機具長足發展，最近十多年來溫水處理的應用研究蓬勃發展已有長足進步（表二），使得採收後病害防治進入不需化學藥劑的新世紀。

表二、園產品採收後溫水處理溫度、時間及處理用途（增補及改製自 Fallik, E. 2004 一文）

Table 2. Hot water treatments for horticultural crops, optimal temperature and aim of heat treatments.（reproduced from Fallik, E. 2004. ）

Crop	Treatment	Optimal temperature (time)	Aim	Reference
Apple（cv. Royal Gala）	HWT[a]	44（35 min）	Quarantine	Smith and Lay-Yee(2000)
Apple（cv. Golden Delicious）	HWRB[b]	55（15 s）	Decay control, ripening inhibition	Fallik et al.（2001）
Asparagus	HWT	47.5（2-5 min）[B]	Reduce geotropism	Paull & Chen（1999）
Avocado（cv. Hass）	HWT	40-42（20-30 min）	Decay control, better quality	Hofman et. al. (2002)
	HWT	38（60 min）	Chilling prevention	Woolf (1997)
banana	HWT	50（3 min）	Decay control	De Costa＆Erabadupitiya（2005）
Cactus fruit	HWT	52（3 min）	Reducing chilling and fungal rot Improving visual quality	Rodriguez et al.（2005）
Citrus（Oroblanco）	HWT	44（30 min）	Mediterranean fruit fly quarantine	Lurie et al. （2004）
Clementine	HWT	45(2.5 min）	Decay control	Larrigaudiere et al. (2002)
grape	HWT	50-60(60 s）	Decay control	Karabulut et al.（2004）
Grapefruit(cv. Star Ruby）[g]	HWRB	59-62(20 s）	Decay control, chilling and decay resistance, better quality	Porat et al. (2000)
Green onion	HWT	55（2 min）[c], 52.5（4 min）[c]	Growth inhibition（fresh-cut）	Cantwell et al. (2001)
Ginger flower（red）	HWT	49-50（12-15 min）	Quarantine, longer vase life, reduce geotropism	Hara et al. (1997), Chantrachit and Paull (1998), and Jaroenkit and Paull (2003)
Kumquat[g]	HWRB	58（20 s）	Decay control, better quality	Ben Yehoshua et al. (2000)
Lemon	HWT	52-53（2 min）	Decay control, decay resistance	Nafussi et al. (2001)
Lemon	HWRB	62.8（15 s）	Decay control, quality manitenance	Smilanick et al.(2003)
Litchi	HWRB	55（20 s）	Decay control	Lichter et al. (2000)
Litchi and longan	HWT	49（20 min）	Quarantine	Follett and Sanxter (2001)
litchi	HWT	52（1 min）	Decay control	Olesen et al. (2004)

（續）

Mandarin（cv. Fortune）	HWT	50-54（3 min）	Decay control	Schirra and D'Hallewin (1997)
Mango（cv. Tainung No. 1）	HWT	53 （5 min）	Decay control	Yang and Lin (1997)[12]
Mango	HWT	58-60 （20-40 s）	Decay control	Yang （2003）
Mango[g]	HWT	43-49 （65-90 min）	Quarantine	Jocobi et al. (2001)
Mango[g]	HWT	46.1（110 min）[d]	Quarantine	Shellie and Mangan (2002)
Mango[g]	HWRB	48-65 （10-25 s）[c]	Decay control	Prusky et al. (1999)
Melon(Galia-type)[g]	HWRB	59（15 s）	Decay control, ripening inhibition, better quality	Fallik et al. (2000)
Orange（cv. Shamouti）[g]	HWRB	56（20 s）	Decay control, better quality	Porat et al. (2000)
Orange（cv. Tarocco）	HWRB	62.8（15 s）	Decay control	Smilanick et al. (2003)
	HWT	53（3 min）	Decay control, chilling resistance	Schirra et al. (1997)
Plum（cv. Friar）	HWT	45-50 （30-35 min）	Decay control, chilling resistance	Abu-Kpawoh et al. (2002)
	HWT	45（10 min）	Reducing mechamical damage	Serrano et al. （2004）
Potato	HWT	57.5（20-30 min）	Sporuting inhibition, better quality	Ranganna et al. (1998)
Soybean sprouts	HWT	60（30 min）[c]	Sporuting inhibition,	Park et al. (1998)
Sweet pepper[g]	HWRB	55（15 s）	Decay control, ripening inhibition, better quality	Fallik et al. (1999)
Sweet pepper	HWT	45(15 min), 53（4 min）	Chilling resistance, decay control, enhance polyamines	Gonzalez-Aquilar et al. (2000)
Tangerine（cv. Minneola）[g]	HWRB	56（20 s）	Decay control	Porat et al. (2000)
Tomato（cv. 144 & 189）	HWRB	52（15 s）	Decay control, ripening inhibition, chilling and decay resistance	Ilic et al. (2001), and Fallik et al. (2002)
	HWT	42（60 m）	Yellowing reduce	Polenta et al. （2006）
Tomato（cv. Sunbean ）	HWT	39, 45（60 min）	Chilling resistance, decay control	McDonald et al. (1999)

a) Hot water dips or immersion.

b) Hot water rinsing and brushing.

c) Minimal or fresh-cut processing.

d) Large fruit (>700 g).

e) Cultivar-dependent.

f) Season-dependent.

g) Commercial treatment.

溫水處理（Hot water treatment，HWT）技術是熱能處理（heat treatment）的一種，另外還包括蒸熱處理（Vapor heat treatment, VHT）、微波處理（Microwave treatment）、紅外線處理（Infrared radition treatment）及乾熱處理（Hot dry air treatment）等多種方式，都是單純利用物理作用來處理農產品，但是其中只有溫水及蒸熱處理較具商業價值（24），而蒸熱需要較昂貴的設備及場地，設立費用常高達數千萬元甚至上億元，目前多用於檢疫病蟲減除以符合輸入國檢疫之被動要求。台灣目前已有四座蒸熱處理場，分設於台中縣豐原、台南縣左鎮及玉井鄉與高雄市小港機場，除了左鎮為杜普國際公司私人設立外，其餘皆為政府補助設立。蒸熱處理耗時甚長且費用高昂，如台灣現用於輸日、韓及紐西蘭芒果果實東方果實蠅蟲卵減除，須以熱蒸氣將果心溫度提升至46.2℃以上並維持30分鐘後再降溫（10），全程耗時長達四至五小時。相較之下溫水處理僅需簡單機器及較小場地，現有處理技術僅需數十秒間便可完成，具有方便且安全的特性，而且除了可以應用於殺菌之外，也可以使用於害蟲的殺滅，及作為許多蔬果花卉檢疫害蟲處理（40,67,68），同時也可以增強果蔬對低溫的忍受性（35,44,60）及切花瓶插壽命等（23），如表二所見其用途非常廣泛（30）。

Schirra等人2000年（60）歸納熱處理可以抑制病害的原因有（一）熱能具有癒傷功能，可以加速採收或儲運產生之傷口癒合，使病原菌無侵入機會（39），發病便可減少。又例如將傷口接種的檸檬果實置於32℃環境下三天，可以有效降低綠黴菌（*Penicillium digitatum*）感染，因為此溫度並無直接抑制病原菌生長的能力，推究其原因主要是較高溫度促進檸檬果實傷口癒合，間接使病原菌無法侵入所致。（二）熱能直接殺死病原或害蟲，例如49℃溫水處理5分鐘便能將生長於玻璃紙上的芒果炭疽病菌之分生胞子、菌絲及附著器殺死（11）。或是溫水處理時連帶將蔬果外的病原菌或是蟲體或蟲卵清洗掉，而使病蟲害降低。（三）溫水處理之高溫刺激植物產生抗生物質抑制病原菌或產生物理屏障阻隔病原入侵。（四）溫水處理提高水溫可以增加化學藥劑效力，減少浸藥處理時添加的藥劑使用量(55,58,63）。（五）溫水處理的高溫可以使採收後植物表面破裂的角質層之臘質融化並重新平舖於植物表面，將蔬果表面氣孔、皮孔與傷口蓋住，使病原難以侵入或減緩病徵出現（54）。

而溫水處理所以能有效抑制蔬果採收後病害發生的原因，乃是蔬果採收時皆會進行去腐存菁、剔除已發病部位或個體，因此會影響儲運的都是田間已感染但潛伏尚未發病，或者是採收及處理過程新發生尚未外顯的感染，而導致這兩種感染的病原菌通常僅

位於採收後蔬果組織表面或者最外面數層細胞之間，較易受到熱能之影響（21），且所需熱能較之殺滅害蟲、病毒及癒傷所需者低，因此溫水處理對於採收後病害抑制的效果較能顯現。

同一病原菌對於溫水處理熱能反應相似，可是病原菌的胞子大小、組織部位及構造（附著器較分生胞子及菌絲耐熱）、水分含量，及病原菌的生理活性、化學組成，甚至溫水處理時使用的水都會影響溫水處理對病原菌的致死效果（21）；而溫水處理中水的溫度及處理時間的選擇更需注意到蔬果種類及狀況，深入探討對於溫水忍受性為何，甚至連同一種作物的品種系、栽培區域、氣候條件、成熟度及栽培處理措施等都會使其對熱能忍受性發生變化，所以進行溫水處理時必須根據病原菌的致死性與植物體忍受性，而調整到可以在短時間有效，但又不傷及植物的處理條件。Jacobi＆Giles（38）發現澳洲昆士蘭主要芒果品種Kensington果實利用47℃/ 15分鐘蒸熱處理以除去昆士蘭果實蠅，常會造成皮孔黑點及表皮褐化現象，但若先進行53℃/5 min溫水處理後再蒸熱即可以減少熱傷害，但是下雨後採收的果實則較容易熱傷害。又如45℃/20 min 溫水處理可以將香蕉軸腐病罹病率自100％降至15％以下，溫度提高至50℃時，罹病率更可降低到3％以下，但是如果將溫度提高到55℃只處理10分鐘，雖然罹病率更低，但是香蕉表皮發生燙傷而且不會黃熟（57）。一般在休眠狀態下的病原菌較發芽或生長中的菌體來得耐熱，例如42 ℃溫水可以殺死*Alternaria tenuis*的已發芽胞子，但無法殺死休眠胞子（60）；菌體不同時期對熱的敏感度不同，所以選擇處理條件時亦應了解所欲處理病原菌殘存的構造為何，應以最耐熱的構造為準，方能獲得有效處理。芒果炭疽病菌最具抵抗力的是附著器，測試溫水處理條件時應以附著器為原則，將炭疽病菌分生胞子塗佈於玻璃紙（cellophane），待發芽產生菌絲並乾燥使其產生附著器，將玻璃紙上之菌體浸入不同溫水中，測得完全殺死附著器的溫度應用於芒果果實上可以得到較準確的結果（11）。

熱能處理雖然對於採收後蔬果上的病原菌抑制或多或少都有其效果，但是對於蔬果本質卻未必有益，如可能改變成熟度及果實顏色、加速水解質滲漏、糖代謝、乙烯形成及果膠分解等，同時不同種類的蔬果對於溫水處理熱能反應兩極，在在影響溫水處理的效果，例如熱能處理可以延緩番茄老化及抑菌物質的崩解，所以可以延緩病斑出現，但是相對於酪梨及芒果卻有相反作用，反而有加速組織老化及抗菌物質崩解的反效果，提供潛伏病原菌如炭疽病與蒂腐病菌繁殖機會而加快病斑出現及增加嚴重性（66）。

溫水處理在台灣之發展

台灣有關利用溫水處理抑制芒果炭疽病發生之研究始見於1975年（6），張振宙氏認為溫水能抑制已發病病斑繼續擴展，但是無法完全抑制潛伏未產生病斑的病原菌。謝慶昌氏（16）以55℃溫水處理較低成熟度的愛文芒果果實5分鐘，可以有效抑制炭疽病發生且不傷果實品質。農試所鳳山分所育出的台農一號芒果果實在田間不易見到發生炭疽病，但是採收催熟後約2-4天果實便滿佈黑色炭疽病斑而失去商品價值，嚴重影響該品種推廣。1997年筆者與林瑩達氏探討如何利用溫水處理抑制台農一號芒果採收後炭疽病的發生，希望延長台農一號芒果櫥架壽命；我們先以不同溫度熱水處理培養於玻璃紙上的芒果炭疽病菌菌體，包括其分生胞子、菌絲與附著器等五分鐘，探討芒果炭疽病菌之致死條件，發現在49℃以上溫水中處理5分鐘後即能完全抑制其再生長能力。再以臺農一號芒果果實進行溫水處理對炭疽病抑制效果之直接測試，發現以53℃溫水處理5分鐘後取出降溫並催熟後七天，三次實驗對照組每果實之平均病斑數為23.4、26.7及15.2個，而處理組則分別為2.7、2.2及5.3個，未超過三個病斑之果實在三次試驗之處理者分別為53.3％、85％、63.3％，而對照組三次皆為0％；果實完全無病斑者，處理組分別為40％、25％和6.7％，但對照者皆為0％，溫水處理明顯降低台農一號芒果果實採收後病害發生（圖一）（11）。1998年農試所鳳山分所果樹系林瑩達氏與廠商合作連續式溫湯處理機，改以60至65℃更高溫瞬間處理方式利用輸送帶帶動單層果實經上沖下淋溫水區，對炭疽病獲得不錯之控制，每小時處理量達600公斤。同時間農試所嘉義分所另與廠商配合設計小型溫水處理器，採用整籃芒果浸入溫水槽方式，並採用微電腦程序控制電子閥門，達到快速回溫及均溫之需求，同時利用高溫水但短時間60℃/20 秒之溫水處理得以進行，效果亦極為顯著（圖二），每小時之處理量約達2公噸，但是需要至少4名人力以上。2002年起農試所嘉義分所與三群有限公司進行產學合作，以小型溫水處理器為基礎，發展大型自動化溫水處理器，並技術轉移三群有限公司製造供應大型集貨場處理大量芒果所需，該機器可處理之果籃較大可達50公斤，每小時最大處理量可達3-4公噸以上，因為利用蒸氣鍋爐供應熱源，熱能供應充足，可按需求再擴增一至二個溫水處理槽，使處理能量擴增不需太大成本，並且將原有人力提舉果籃之動作改以機器自動進行，可以節省許多人力，對於外銷芒果處理幫助頗大。

近兩年來一些試驗結果發現，芒果蒂腐病菌潛伏深度較炭疽病菌深，使得溫水處理對於芒果蒂腐病的抑制效果雖然不如炭疽病（未發表資料），但是仍具有商業價值；

研究發現對於管理較佳的果園，溫水處理確實具有實用價值，如2004年甲仙供果園之凱特芒果果實經60℃溫水處理20秒，即使到催熟後九天，仍能將蒂腐病罹病果率降低至15.5％以下，相較未處理果實之28.9至50％罹病果率，簡單的溫水處理便降低了13.4至48.9％的罹病果率，其防治效果極為明顯；溫水處理對於炭疽病罹病率之降低效果更佳，可以延緩發病三天以上，到第六天時甲仙供果園的凱特芒果2級炭疽病罹病果（每果實病斑數3個或以上，或有病斑直徑超過0.5公分之果實）減少約六成，這對於芒果儲架壽命幫助非常大。不過像官田供果園無良善管理的芒果果實，即使進行溫水處理減少了2至3成的蒂腐病罹病率，但其實際罹病果率仍高達60％以上，雖然已符合生物統計之顯著性差異，但卻仍無商業價值；所以仍需加強田間管理以降低感染，再結合採收後溫水處理，可以讓溫水處理發揮最大效果，彌補田間稍許的疏忽，將能簡易及經濟地提昇外銷芒果良好品質，提高良質率及價格。

雖然溫水處理可以有效降低採收後病害發生，然而不同的芒果品種對高溫忍受性都有些許不同，不可等同視之；台灣常見芒果品種對溫度忍受性不同，例如愛文、凱特、金煌等可以使用60℃/20 秒處理，而台農一號芒果較耐高溫，溫度可提升至62℃，但是柴羨芒果（土芒果）如果以58℃/20 秒處理便容易出現熱傷害，且處理後經六天仍有65％之果實出現病斑，應改以較低溫度但時間較長的53℃/5分鐘的處理。因此不能冀望所有果實都能適應同一處理條件，必須在大量處理前遵守研究人員建議並以少量果實進行測試後方能進行後續處理動作。

結論

蒸氣消毒不論用在土壤或介質均可減少殺菌劑、殺蟲劑及殺草劑的施用，降低農藥對環境的污染，完全符合環保條件，雖有效溫度與處理時間牽涉到水、電、油等成本的支出，但是從長期的管理成本而言，蒸氣消毒的費用不會高於化學防治方式，且無殘留或農藥污染的問題。蒸氣消毒又具選擇性殺菌作用，不會造成生物真空狀態，僅去除大部分有害的微生物、害蟲及雜草，留下耐熱性的有益微生物。一般而言，只需維持60℃之間約30分鐘，就可得到最大的病害防治效果（3,15）。蒸氣消毒不失為土傳性植物病害防治上的一種利器，又機器的移動性及維修等問題，多年來經設計廠商與使用者互相切磋與研究，依使用者的需求加以改善，已有多處成功的案例，使蒸氣消毒更為落實在防治土傳性作物病害之應用上。

採收後溫水處理抑制或延緩炭疽病及蒂腐病之發生，雖能有彌補田間疏忽的功效，但是不能寄望單使用溫水處理便能消除所有炭疽病與蒂腐病感染，田間管理若能先做好再加上最後一道溫水處理，則可以使芒果的品質更臻理想，另者溫水處理對於蒂腐病之採後處理效果不如對炭疽病佳，因此必須加強田間蒂腐病防治的研究工作，使採收果實蒂腐病罹病率降至最低，方能使台灣芒果能利用海運進行長距離運輸降低輸出成本。

目前仍有許多國家使用撲克拉、腐絕等藥劑進行採收後作物之浸藥處理（29），台灣目前也還推薦浸泡腐絕、免賴得藥液防治香蕉軸腐病及使用腐絕於柑橘儲藏性病害抑制之用，對於已可食用之蔬果的安全性頗值懷疑，利用溫水處理取代化學藥劑應是值得加以探討的。

引用文獻

1. 吳文希 1991 植物病害防治學。茂昌圖書有限公司。台北。424頁。
2. 李 咩 1989 土壤管理．p. 80-96．設施園藝技術．豐年社．376 pp。
3. 李敏郎 1996 應用蒸氣消毒法防治土傳性真菌病害之研究．p.112-127．健康清潔植物培育研習會．中華民國植物病理學會．248 頁
4. 李敏郎 呂理燊 1998 土壤蒸氣消毒防治百合黃化型病害．植保會刊．40: 251-264．
5. 杜金池 程永雄 黃杉芪 1991 應用台陽能及有機綠肥對番茄白絹病之防治效果。p.95-102。土壤病原生態與防治研討會專刊。台灣省農業試驗所、中華植物保護學會。147頁
6. 張振宙。1975。愛文檬果溫水處理試驗。11(2): 69-78。
7. 黃秀華 1996 利用太陽能房治作物病害。P.86-92。健康清潔植物培育研習會．中華民國植物病理學會．248 pp
8. 黃振文 1991 利用土壤添加物防治作物之土壤傳播性病害。p.113-123。土壤病原生態與防治研討會專刊。台灣省農業試驗所、中華植物保護學會。147頁
9. 黃振文 1985 作物土壤傳播性病害的化學防治．p. 205-218．農藥毒性研討會論文專集．中央研究院動物研究所專刊。
10. 黃肇家。1991。台灣近年水果採後處理技術之開發與研究。台灣果樹之生產及研究發展研討會專刊 p.117-129。
11. 楊宏仁、林瑩達。1997。溫水處理對臺農一號芒果採後炭疽病之防治效果。植保會

刊。 39:241-249。

12.蔡東纂 1996 有機質添加物在防治作物線蟲病害之永續性作為。P.154-162。健康清潔植物培育研習會・中華民國植物病理學會・248 pp

13.鄭安秀 陳紹崇 1997 蒸氣消毒後栽培介質再利用之研究。植保會刊。39：403

14.鄭安秀 陳紹崇 1998 蒸氣消毒栽培介質技術之改進。植保會刊。40：422.

15.鄭安秀 陳紹崇 李敏郎 1999 應用蒸氣消毒防治植物病害・台南區農業改良場技術專刊88-3・

16.謝慶昌　1990。愛文芒果後熟生理與採收後處理之研究。台大園藝所博士論文。P.65-173。

17.Arora, D. K., Pandey, A. K., and Srivastva, A. K. 1996. Effects of heat stress on loss of C, germination and pathogenicity from chlamydospores of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri*. Soil Biol. Biochem. 28:399-407.

18. Awuah, R. T., and Lorbeer, J. W. 1991. Methyl bromide and steam treatment of an organic soil for control of Fusarium yellows of celery. Plant Dis. 75:123-125.

19.Baker, K. F. 1970. Selective killing of soil microorganisms by aerated steam. Pages 234-239 in: Root diseases and soil-borne pathogens. Toussoun, T. A., Bega, R. V., and Nelson, P. E. ed. Univ. of Calif. Press. Berkeley.

20.Baker, K. F., and Roistacher, C. N. 1957. Principles of heat treatment of soil. Page 138-161. In: The U. C. System for Producing healthyContainer-Grown Plants. K. F. Baker et. Calif. Agric. Exp. Stn. Man. 23.

21.Barkai-Golan, R. and Phillips, D. J. 1991. Postharvest Heat treatment of fresh fruits and vegetables for decay control. Plant Disease 75:1085-1089.

22.Bollen, G. J. 1969. The selective effect of heat treatment on the microflora of a greenhouse soil. Neth. J. Plant Pathol. 75: 157-163.

23.Chantrachit, T. and Paull, R. E. 1d998. Effect of hot water on red ginger (*Alpinia purpurata*) inflorescence vase life. Postharvest Biology and Technology 14:77-86.

24.Couey, H. M. 1989. Heat treatment for control of postharvest diseases and insect pests of fruits. HortScinece 24: 198-202.

25.Darley, E. F., and Wilbur, W. D. 1954. Some relationships of carbon disulfide and

Trichoderma viride in the control of *Armillaria mellea*. Phytopathology 44: 485.

26.Dawson, J. R., Johnson, R. A. H., Adams, P., and Last, F. T. 1965. Influence of steam/air mixtures, when used for heating soil, on biological and chemical properties that affect seedling growth. Ann. Applied Biol. 56: 243-251.

27.Dennis, D.J. 1968. Manganese toxicity in tomato seedlings. N. Z. J. Agric. 117: 118-119.

28.Dobbs, C. G., and Hinson, W. H. 1953. A widespread fungistasis in soils. Nature 172:197-199.

29.Eckert, J.W. and Ogawa, J. M.1988.The chemical control of postharvest diseases: Deciduous fruits, berries, vegetables and root/tuber crops. Ann. Rev. Phytopathol. 26:433-469.

30.Fallik, E. 2004. Prestorage hot water treatments (immersion, rinsing and brushing). Postharvest Biology and Technology 32:125-134.

31.Freeman, S., and Katan, J. 1988. Weakening effect on propagules of Fusarium by sublethal heating. Phytopathology 78:1656-1661.

32.Glynne, M. D. 1965. Crop sequence in relation to soil-borne pathogens. Page 423-435 in: Ecology of soil-borne plant pathogens. Baker, K. F., and Snyder, W. C. ed. Univ. of Calif. Press, Berkeley and Los Angeles.

33.Goring, C. A. I. 1967. Physical aspects of soil in relation to the action of soil fungicides. Ann. Rev. Phytopathol. 5: 285-318.

34.Hartz, T. K., Carter, W. W., and Bruton, B. D. 1987. Failure of fumigation and solarization to control Macrophomina phaseolina and subsequent muskmelon vine decline. Crop Prot. 6:261-264.

35.Hofman, P. J., Stubbings, B. A., Adkins, M. F., Meiburg, G. F. and Woolf, A. B. 2002. Hot water treatments improve ‘Hass’ avocado fruit quality after cold disinfestations. Postharvest Biology and Technology 14:77-86.

36. .Hollis, J. P., and Rodriguez-Kabana, R. 1966. Rapid kill of nematodes in flooded soil. Phytopathology 56: 1015-1019.

37.Ishida, A., and Masui, M. 1973. Studies of the manganese excess of carnation. I. The steam sterilization and pH levels of soil. J. Jpn. Soc. Hortic. Sci. 42: 40-48.

38.Jacobi, K. K. and Giles, J. E. 1997. Quality of `Kensington' mango (Mangier indica Linn.)

fruit following combined vapour heat disinfestation and hot water disease control treatments. Postharvest Biology and Technology 12：285-292.

39. Jacobi, K. K., MacRae, E. A. and Hetherington, S. E. 2000. Effects of hot air conditioning of ‘Kensington’ mango fruit on the response to hot water treatment. Postharvest Biology and Technology 21：39 – 49.

40. Jacobi, K. K., MacRae, E. A. and Hetherington, S. E. 2001. Postharvest heat disinfestations treatments of mango fruit. Scientia Horticulturae 89：171-193.

41. Jager, G., Van der Boon, J., and Rauw, G. J. G. 1970. The influence of soil steaming on some properties of the soil and on the growth and heading of winter glasshouse lettuce. III. The influence of nitrogen form, manganese level and shading studied in sand culture experiments with trickle irrigation. Neth. J. Agric. Sci. 18: 158-167.

42. Lambert, E. B., and Ayers, T. T. 1952. An improved system of mushroom culture for better control of diseases. Plant Dis. Reptr. 36:261-268.

43. Lodha, S. 1995. Soil solarization, summer irrigation and amendments for the control of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cumini* and Macrophomina phaseolina in arid soils. Crop Prot. 14:215-219.

44. Lurie, S. 1998. Postharvest heat treatments. Postharvest Biology and Technology 14：257-269.

45. Lyon, T. L., and Bizzel, J. A. 1910. Effect of steam sterilization on the water-soluble matter in soils. Cornell Univ., Agric. Exp. Stn. Bull 275: 129-156.

46. Masui, M., and Suzuki, E. 1971. Studies on the manganese excess of muskmelon. I. On the survey of plant tissues and soil. J. Jpn. Soc. Hortic. Sci. 40: 367-374.

47. Messing, J. H. L. 1965. The effects of lime and superphosphate on manganese toxicity in steam-sterilized soil. Plant Soil 23: 1-16.

48. Moore, W. D. 1949. Flooding as a means of destroying the sclerotia of Sclerotinia sclerotiorum. Phytopathology 39: 920-927.

49. Moubasher, A. H. 1963. Selective effects of fumigation with carbon disulphide on the soil fungus flora. Trans. Brit. Mycol. Soc. 46:338-344.

50. Moyls, A. L., Hocking, R. P., Neilsen, G. H., and Hogue, E. J. 1994. Apple tree growth

response in greenhouse pot tests using heat-treated replant soil versus orchard replanted trees with in situ heated soil. Acta Hortic. 363:57-64.

51. Nederpel, L. 1979. Soil sterilization and pasteurization. Pages 29-38 in: Soil disinfestation. Mulder, D. ed. Elsevier Scientific Publ. Co., 368pp.

52. Newhall, A.G. 1955. Disinfestation of soil by heat, flooding, and fumigation. Bot. Rev. 21: 189-250.

53. Olsen, C. M., and Baker, K. F. 1968. Selective heat treatment of soil, and its effect on the inhibition of *Rhizoctonia solani* by *Bacillus subtilis*. Phytopathology 58: 79-87.

54. Porat, R., Daus, A., Weiss, B., Cohen, L., Fallik, E., and Droby, S. 2000. Reduction of postharvest decay in organic citrus fruit by a short hot water brushing treatment . Postharvest Biology and Technology 18：151 – 157.

55. Prusky, D., Fuchs, Y., Kobiler, I., Roth, I., Weksler, A., Shalom, Y.& Fallik, E.1999. Effect of hot water brushing, prochloraz treatment and waxing on the incidence of black spot decay caused by *Alternaria alternata* in mango fruits Postharvest Biology and Technology 15:165 – 174.

56. Raats, P. A. C. 1988. Disinfection of soils with steam. Acta Horti. 222:117-119.

57. Reya, M. E. Q., Nishijima, W. and Paull, R. E. 1998. Control of crown rot in ‘Santa Catarina Prata’ and ‘Williams’ banana with hot water treatments. Postharvest Biology and Technology 14:71-75.

58. Rodov, V., Agar, T., Peretz, J., Nafussi, B., Kim, J. J. and Ben-Yehoshua, S. 2000. Effect of combined application of heat treatments and plastic packaging on keeping quality of ‘Oroblanco’ fruit (Citrus grandis L. × C. paradise Macf.) . Postharvest Biology and Technology 20:287-294.

59. Rowe, R. C., and Farley, J. D. 1978. Control of Fusarium crown and root rot of greenhouse tomatoes by inhibiting recolonization of steam-disinfested soil with a captafol drench. Phytopathology 68:1221-1224.

60. Schirra, M., D'hallewin, G., Ben-Yehoshua, S. and Fallik, E. , 2000. Host–pathogen interactions modulated by heat treatment. Postharvest Biology and Technology 21: 71 – 85.

61. Sonneveld, C., and Voogt, S. 1973. The effects of soil sterilization with steam--air mixtures

on the development of some glasshouse crops. Plant Soil 38: 415-423.

62. Sonneveld, C. 1979. Changes in chemical properties of soil caused by steam sterilization. Pages 39-50 in: Soil disinfestation. Mulder, D. ed. Elsevier Scientific Publ. Co., 368pp.

63. Spalding D. H. and Reeder, W. F. 1986. Decay and acceptability of mangos treated with combinations of hot water, imazalil, and γ-radiation. Plant Disease 70: 1149-1151.

64. Stover, R. H. 1962. Fusarial wilt (Panama disease) of bananas and other Musa species. Phytopathology Paper No. 4, Commonwealth Mycological Institute, Kew, 117 pp.

65. Stover, R. H. 1979. Flooding of soil for disease control. Pages 19-28 in: Soil disinfestation. Mulder, D. ed. Elsevier Scientific Publ. Co., 368pp.

66. Thomas, W. B. 1996. Methyl bromide: effective pest management tool and environment treat. J. Nematol. 28:586-589.

67. Tsang, M. M. C.; Hara, A. H. and Sipes, B. 2003. Hot-water treatments of potted palms to control the burrowing nematode, *Radopholus similes*. Crop Protection 22： 589-593.

68. Wang, S., Tang, J. and Cavalieri, R. P. 2001.Modeling fruit internal heating rates for hot air and hot water treatments. Postharvest Biology and Technology 22:257-270.

69. White, J. W. 1971. Interaction of nitrogenous fertilizers and steam on soil chemicals and carnation growth. J. Am. Soc. Sci. 96: 134-137.

Control of plant diseases by steam disinfection and hot water treatment

Cheng , A. S.[1] , Yang, H. R.[2] and Lee, M. L.[3]

1. Department of Corp Environment, Tainan Agricultural Research And Extension Station, Tainan, Taiwan, R. O. C.
2. Department of Plant Protection, Chiayi Agricultural Experimental Branch, Agricultural Research Institute ,Chiayi, Taiwan, R. O. C.
3. Division of Pesticide Application, Taiwan Agricultural Chemicals and Toxic Substances Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan, Taichung hsien, Taiwan, R. O. C.

ABSTRACT

Steam disinfection and hot water treatment are used to kill living cells by making protein solid and inactivating enzyme with high heat. In the mean time, they can control the diseases, underground pests and weeds, so the use of chemical or peaticide is decreased. While applying steam disinfection, factors like steam temperature, steaming time, soil moisture and airiness, which affect soil microfloca and chemical ingredients. In Taiwan, the steam disinfection processes used by the farmers are poking, mulching and plowing systems. The best condition for steam disinfection is at the siol temperature between 60 and 80℃ for 30 minutes. Soil steam disinfection significantly controlled the lily yellowing disease and improved the quality of cut flowers 80℃ for 20 min. or 60℃ for 30min. The treated soil can last two continuous lily crops and solve lily monoculture problem. Steam disinfection can be used to recycle used medium. At 30 days after planting of *Peperomia obtusifolia*, steam disinfection decrease the diseased rate of southern blight and phytophthora rot , from 90% to 0%, and 67% to 8%, respectively. Besides, steam disinfection can also prevent kill weeds seeds. Hot water treatment can effectively reduce the postharvest diseaes due to latent infection in the out layer cells of the fruit. Mango anthracnose and stem-end rot diseases were reduced effectively by quick hot water treatment . However, it varied among mango varieties. Pretest for each variety is required.

Keywords: steem disinfection, hot water, diseace control

圖一、台農一號芒果經 53℃溫水處理 5 分鐘後七天後炭疽病發病情形

Fig. 1. The inhibition effect for anthracnose of Tainung No. 1 variety mango fruits after 7 days with 53℃/ 5 min hot water treatment.

圖二、凱特芒果經 60℃溫水處理並冷藏於 12℃下 20 天之結果。
左為對照未溫水處理，中為經 60℃/20 秒溫水處理，右為經 60℃/40 秒溫水處理

Fig. 2.The 20th day result after 60℃ hot water treatment of Keitt mango stored under 12 ℃. Left: check without hot water treatment Middle: 60℃/20 sec hot water treatment Right: 60℃/40 sec hot water treatment